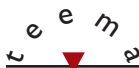


Jari Hynynen, Hannu Salminen, Anssi Ahtikoski, Saija Huuskonen ja Arto Rummukainen

## Raaka-aineita, hiilensidontaa ja bioenergiaa – Suomen metsien monet mahdollisuudet



### Johdanto

**L**uonnonvarojen kestävä hyödyntämisen kannalta on elintärkeää siirtyä maailmanlaajuisesti hyödyntämään uusiutuvia raaka-aineita uusiutumattomien sijaan. Suomessa metsät ovat tärkein uusiutuvan raaka-aineen lähde eikä puusta ole tällä hetkellä pulaa. Metsät kasvavat paljon enemmän kuin puuta käytetään. Puunkäytön lisäämisen pullonkaulana, niin nyt kuin lähitulevaisuudessakin, on puun riittävyyden sijaan sen saatavuus ja kilpailukyky raaka-aineena. Miten uusiutuva raaka-aine otetaan talteen metsästä ja edelleen valmistetaan tuotteiksi niin kannattavasti, että toiminta on globaalisti kilpailukykyistä, ja voisi siten korvata uusiutumattomien raaka-aineiden käyttöä? Taloudellinen kannattavuus ei pelkästään takaa puun saatavuutta, vaan lisäksi raaka-ainetuotannon on oltava ekologisesti ja sosiaalisesti kestävää sekä yleisesti hyväksyttävää.

Metsien käsittelyllä voidaan vaikuttaa siihen, miten puuraaka-aineen saatavuutta edistetään kestävällä ja hyväksyttävällä tavalla. Vuosikymmenien aikana tehty tutkimustyö ja myös käytännön kokemukset ovat selvästi osoittaneet, että intensiivisellä metsänhoidolla voidaan tehostaa raaka-ainetuotantoa 1) lisäämällä puuntuotosta pinta-alayksikköä kohti, 2) ohjaamalla puun raaka-aineominaisuuksia haluttuun suuntaan ja 3) pienentämällä metsänhoidon ja puunkorjuun yksikkökustannuksia. Oikein mitoitettuna ja kohdennettuna tehostetut metsänkäsittelytoimet täyttävät myös kestävyyskriteerit.

Suomen metsävarojen tulevaisuuden tuotantopotentiaalia selvitettiin FIBIC Oy:n EffFibre-tutki-

musohjelmassa. FIBIC Oy (Finnish Bioeconomy Cluster Oy, entinen Metsäklusteri Oy) on yksi Suomen kuudesta strategisen huippuosaamisen keskitymästä. EffFibre-tutkimus- ja kehittämisohjelman tavoitteena on kasvattaa kotimaisen puuraaka-aineen saatavuutta ja puuntuotannon kustannustehokkuutta sekä parantaa koko klusterin kilpailukykyä kehittämällä radikaalisti uudenlaisia energiatehokkaita ja resursseja säästäviä tuotantoteknologioita.

Skenaario- eli ennustetutkimuksen avulla selvitettiin metsävarojen ja metsien hoidon mahdollisuudet vaikuttaa tulevaisuudessa saatavan raaka-aineen määrään ja laatuun. Tutkimuksessa tarkasteltiin puuntuotantomahdollisuuksia monipuolisesti eri näkökulmista. Raaka-aineen määrän ja laadun ohella tarkasteltiin metsänkäsittelyvaihtoehtojen vaikutuksia metsänkasvatuksen kannattavuuteen metsänomistajan näkökulmasta. Näiden lisäksi tarkasteltiin teollisuus-, työllisyys- ja ilmastovaikutuksia. Tavoitteena oli myös selvittää puuntuotannon alueellisia mahdollisuuksia ja edellytyksiä.

### Skenaariot

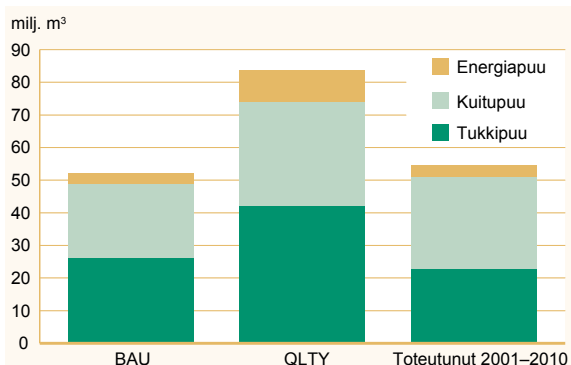
Tutkimuksessa laadittiin neljä skenaariota, joissa metsänkäsittelyn tavoitteet ja intensiteetti vaihtelivat. Tässä tarkastelussa keskityimme kahteen skenaarioon ja niiden esittelyyn. Perustasoksi vertailulaskelmiin koostettiin ”nykymeno jatkuu”-skenaario (BAU = *Business as usual*). Se lähti oletuksesta, jonka mukaan metsien ”käyttöaste” tulevaisuudessakin säilyy nykytasolla, jolloin vuotuiset hakkuu-

määrät suhteessa suurimpaan kestävään hakkuumäärään ovat hieman alle 80 prosenttia. Metsänhoidon oletettiin jatkuvan nykytilanteen mukaisesti siten, että taimikoita hoidetaan vain reilulla puolella siitä pinta-alasta, jolla se metsänhoidollisesti olisi perusteltua. Sen sijaan ns. tehostetun metsänkasvatuksen skenaariossa sovellettiin sellaisia intensiivisen metsänkasvatuksen menetelmiä, jotka kullakin puulajilla ja kasvupaikalla ovat tutkimustiedon ja käytännön kokemusten mukaan sekä puuntuotannollisesti että taloudellisesti perusteltuja. Siinä painotettiin intensiivisen metsänhoidon menetelmiä, jotka tähtäävät puutuoteellisuuden tarpeisiin *korkealaatuisen tuotteen tuottamiseen ja sen ohessa energiapuun tuottamiseen (QLTY = Quality)*. Tämä skenaario tukeutuu luontevasti pohjoisten metsien puuntuotannon kilpailuvaltteihin, eli hidaskasvuiseen mutta hyvälaatuisen puutuoteraaka-aineen tuottamiseen.

### Laskentamenetelmät

Laskennan tavoitteena oli tuottaa laadittuja skenaarioita vastaavat metsien käytön ja kehityksen ennusteet. Metsien kehitysenennusteet tuotettiin Metsäntutkimuslaitoksessa kehitetyllä MOTTI-ohjelmistolla. Laskelman lähtöaineistona oli valtakunnan metsien 10. inventoinnin metsätalouden metsämaalla sijainneet 46 295 koealaa. Tuloksia tarkasteltiin sekä metsäkeskuksittain että koko maan tasolla. Ennustejakson pituus oli sata vuotta.

Ennusteiden lähtökohtana olivat skenaarioiden kuvaukset toimintaympäristön muutoksineen. Niiden perusteella muokattiin kuhunkin tulevaisuuskuvaan sopivia metsänkäsittelyohjeita, jotka kattoivat metsänuudistamiseen liittyvät toimenpiteet, varhaisperkauksen ja taimikonhoidon sekä kasvatus- ja päätehakkuut. Turvemailla ohjeiden toimenpiteisiin sisältyi myös kunnostusojitus. Ohjeet laadittiin erikseen Etelä-, Väli- ja Pohjois-Suomen kullekin pääpuulaji-kasvupaikka -yhdistelmälle. Jokaiselle yhdistelmälle muodostettiin lukuisa joukko vaihtoehtoisia ohjeita, jotka johtivat hieman erilaisiin toimenpideketjuihin ja ennen kaikkea toimenpiteiden ajoituksiin. Simuloidut vaihtoehdot poikkesivat tyypillisesti kiertoajan, harvennustavan ja ajoituksen sekä uudistamismenetelmän suhteen. Edellä kuvatulla tavalla jokaiselle VMI-koealalle simuloitiin useita



**Kuva 1.** Keskimääräiset vuotuiset hakkuukertymät (milj. m<sup>3</sup>) eri skenaarioissa (BAU ja QLTY) sekä toteutuma v. 2001–2010.

mahdollisia ennusteita, jotka kaikki sopivat kyseiseen skenaarioon. Laskennan seuraavassa vaiheessa vaihtoehtoisista ennusteista valittiin lineaarisen ohjelmoinnin (J-ohjelmisto) avulla sellainen kokonaisuus, jossa eri kymmenvuotiskausien toiminta oli tasapainossa ja vastasi parhaiten skenaarion kuvausta.

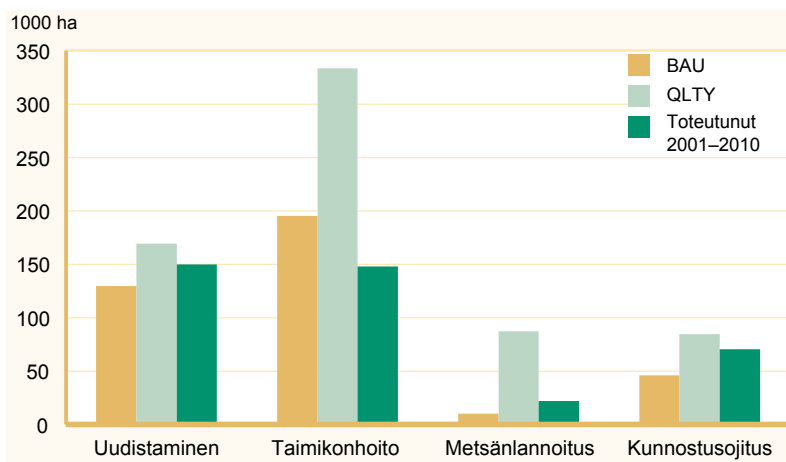
Metsien kehitysennuste saatiin sadalle vuodelle kummallekin skenaariolle kaikilla metsänkäsittelyvaihtoehdoilla. Kehitysennusteet sisältävät kuvauksen metsien kasvusta, tuotoksesta ja hakkuukertymistä, metsähoitotöiden ja hakkuiden pinta-aloista, työvoiman tarpeesta sekä metsänkasvatuksen taloudellisesta tuloksesta ja vaikutuksista hiilensidontaan.

### Päätulokset

#### Hakkuukertymät

Tarkastelu osoitti selvästi metsävarojemme suuret puuntuotannolliset mahdollisuudet. Suomessa olisi mahdollista kestävästi lisätä vuotuisia hakkuumääriä yli 40 % nykytasosta, eli reilusta 50 miljoonasta kuutiometrillä yli 83 miljoonaan kuutiometriin (kuva 1). Tällä lisäyksellä saavutettaisiin myös energiapuulle asetetut kertymätavoitteet ilman, että kuitupuun mitat täyttävää puuta juurikaan käytettäisiin suoraan energiantuotantoon. Raaka-ainetta näyttäisi siis riittävän moneen käyttöön.

Tulosta voidaan tarkastella myös toisesta näkökulmasta. Jos nykytason hakkuukertymä määrä riittää



**Kuva 2.** Metsänhoitotöiden vuotuiset toteutuspinno-alam (1000 ha) eri skenaarioissa ja vuosina 2001–2010.

teollisuuden tarpeisiin tulevaisuudessa, niin se olisi mahdollista tuottaa selvästi nykyistä pienemmällä pinta-alalla. Metsiä näyttäisi riittävän myös eri käytötarkoituksiin.

### Metsänhoito

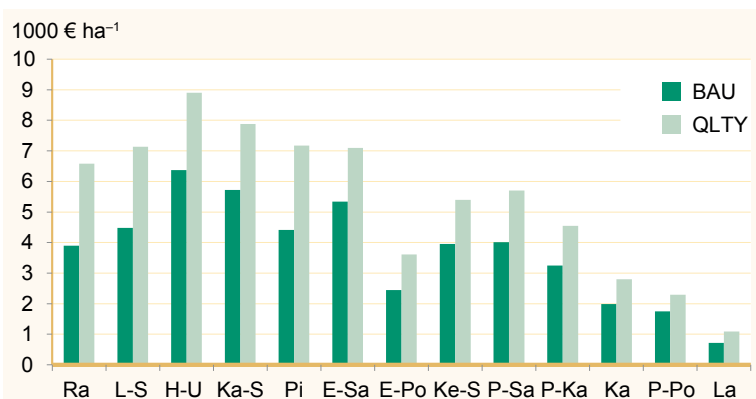
Hakkuukertymien lisääminen kestävästi edellyttää metsänkäsitteilyn tehostamista kaikkien toimenpiteiden osalta. Tärkeä edellytys kertymien lisäämiseksi on hakkuukierron nopeuttaminen. Valtakunnan metsien inventointitulosten mukaan Suomen puuntuotannon metsämaan pinta-alasta noin neljäsosalla ei ole tehty lainkaan hakkuuta yli 30 vuoteen. Metsäomistajien kannalta hakkuiden lisääminen on taloudellisesta näkökulmasta perusteltua toimintaa. Syyt puunmyynnin passiivisuuteen näyttäisivätkin olevan muualla kuin itse metsätalouden harjoittamisessa. Yksityismetsien puunmyynnin passiivisuus on jo pitkään herättänyt vilkasta keskustelua niin metsäalalla kuin sen ulkopuolellakin. Yhtenä syynä on pidetty Suomen korkeaa elintasoa ja metsänomistajakunnan irtaantumista maaseudulta. Monet metsänomistajat eivät ole enää taloudellisesti riippuvaisia metsätaloudesta.

Hakkuumäärien pysyvä lisäys kestävästi edellyttää myös huomattavia investointeja metsänhoitoon. Nykyisten hoitorästien aikakauteen verrattuna met-

sänhoitopinta-alam tulisi taimikoissa ja nuorissa metsissä lähes kaksinkertaistua (kuva 2). Se edellyttää selkeää asennemuutosta suhteessa metsänhoitoon ja samalla kasvavaa investointihalukkuutta.

### Metsänkasvatuksen kannattavuus

Skenaariolaskelmiin sisältyi myös taloustarkastelu, jossa tehostetun metsänkasvatuksen talousvaikutuksia tarkasteltiin sekä metsänomistajan että kansantalouden näkökulmista. Metsänkasvatuksen kannattavuutta voidaan kuvata nettotulojen nykyarvon avulla, jossa puunmyyntituloista vähennetään metsänkasvatuksen kustannukset ja erotus diskontataan nykyhetken valitulla laskentakorkokannalla. Viime vuosien keskimääräisiä tilastoituja kantohintoja ja metsänhoitokustannuksia käyttäen tehostetun metsänkasvatuksen skenaarion (QLTY) kannattavuus oli kaikkialla maassa selvästi parempi kuin BAU-skenaarion (kuva 3). Maan eri osien välillä metsänkasvatuksen kannattavuus vaihteli tuntuvasti johtuen maantieteellisestä vaihtelusta; ilmastosta ja kasvu- paikkojen tuotoskyvystä sekä eri alueiden välisistä eroista metsien rakenteessa ja käsittelyhistoriassa.



**Kuva 3.** Nettotulojen nykyarvot (€/ha) kolmen prosentin laskentakorolla metsäkeskuksittain eri skenaarioiden mukaan.

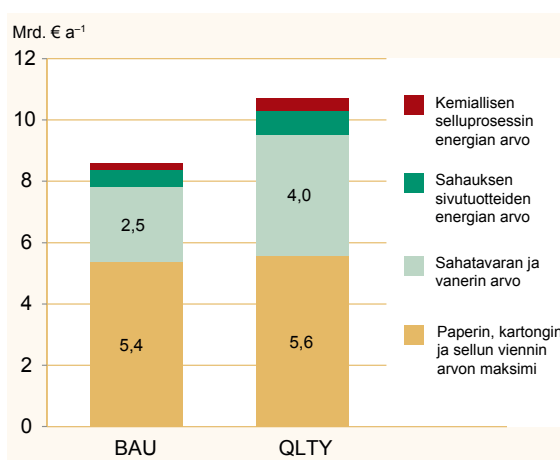
### Vaikutukset metsäteollisuuteen ja työllisyyteen

Kansantalouden tasolla tehostetun metsienkäsittelyn välittömiä vaikutuksia kuvattiin laskemalla vientituotteiden arvon potentiaalia. Laskelmassa oletettiin hakkuissa saadun puuraaka-aineen kohdentuvan metsäteollisuuden eri lopputuotteille samassa suhteessa kuin tällä hetkellä. Laskelmassa käytettiin yksikköhintoina tilastoituja tuotekohtaisia keskihintoja. Vientituotteiden potentiaalinen vuotuinen arvo tehostetun metsänkasvatuksen skenaariossa on yli kaksi miljardia euroa nykyistä viennin arvoa suurempi (kuva 4).

Hakkuiden ja metsähoitotöiden lisääntymisellä tehostetussa metsänkasvatuksessa olisi myös merkittävät työllisyysvaikutukset. Metsänhoitotöiden, puunkorjuun ja kuljetuksen työajanmenekkeihin perustuvien laskelmien mukaan tehostetun kasvatuksen skenaarion mukaiset suorat työllisyysvaikutukset vuodessa olisivat 13 700 henkilötyövuotta (kuva 5). Lisäystä nykyiseen olisi lähes 5000 henkilötyövuotta. Vaikka yllä esitetyt laskelmaesimerkit ovatkin teoreettisia ja yksinkertaistettuja, kuvaavat ne kuitenkin vaikutusten mittakaavaa kansantalouden tasolla.

### Metsien käsittelyn ilmastovaikutukset

Metsillä ja niiden käsittelyllä on suuri merkitys ilmaston ennustetun lämpenemisen hillinnässä ja sopeutumisessa muuttuviin olosuhteisiin. Ilmastovai-



**Kuva 4.** Metsäteollisuustuotteiden arvon potentiaali (mrd. € vuodessa) eri skenaarioissa.

kutusten kannalta tärkeässä asemassa ovat toisaalta metsien hiilensidonta ja toisaalta se, millaiseen käyttötarkoitukseen ja tuotteisiin metsistä talteen otettu raaka-aine ohjataan.

Jo vanhastaan tiedetään, että eniten puuta (ja hiiltä) on varastoituneena metsiin, joita ei käsitellä. Sen osoittaa tämäkin tarkastelu. Jos hakkuumäärät säilyvät nykytasolla, jolloin vuosittain syntyy hakkuusäästöjä, niin puustoon sitoutunut hiilen määrä on 50 vuoden kuluttua noin puolitoistakertainen nykyiseen verrattuna. Toisaalta, tehostetun metsienkäsittelyn skenaariotulokset viittaavat siihen, että metsien hiilivaranto voidaan säilyttää nykytasolla, vaikka hakkuukertymiä lisättäisiin 40 %:lla (kuva 6).

Myönteisiä ilmastovaikutuksia voidaan saavuttaa myös tehostetulla metsien käsittelyllä. Jos vertaillaan metsien ilmacehstä puuston sitomaa kumulatiivista hiilimäärää, voidaan todeta, että intensiivisesti hoidettaessa metsät sitovat tehokkaammin hiiltä. Tehostetussa kasvatuksessa metsät ovat hoitotoimien ansiosta elinvoimaisempia ja nopeakasvuisempia tuottaen nopeammin hiiltä sitovaa biomassaa. Iso osa sidotusta hiilestä ei kuitenkaan varastoidu jäävään puustoon, vaan se korjataan hakkuissa pois. Ilmastovaikutuksen kannalta on ratkaisevaa, mitä tuotteita puuraaka-aineesta valmistetaan eli miten hakkuukertymä käytetään. Tehostetun käsittelyskenaarion kertymästä miltei puolet ohjautuu pitkäkestoisiiin

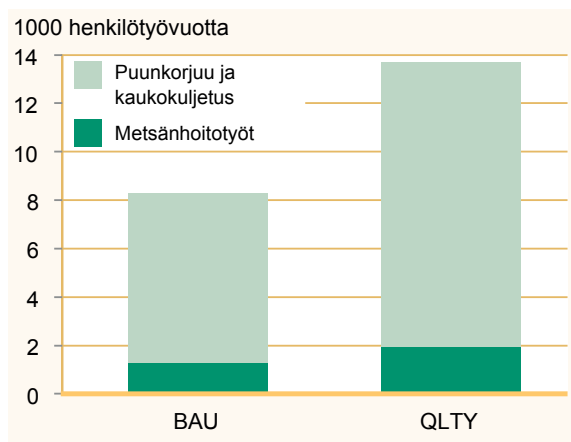
puutuotteisiin, joihin hiili saattaa sitoutua vuosikymmeniksi ennen vapautumistaan ilmakehään. Hiilensidonnan lisäksi puutuotteilla, kuten rakenusmateriaaleilla on ilmaston kannalta suotuisia korvausvaikutuksia, jos niitä käyttämällä tarvitaan vähemmän terästä ja betonia, joiden paljon energiaa vaativa valmistus tuottaa hiilipäästöjä ilmakehään.

## Päätelmät

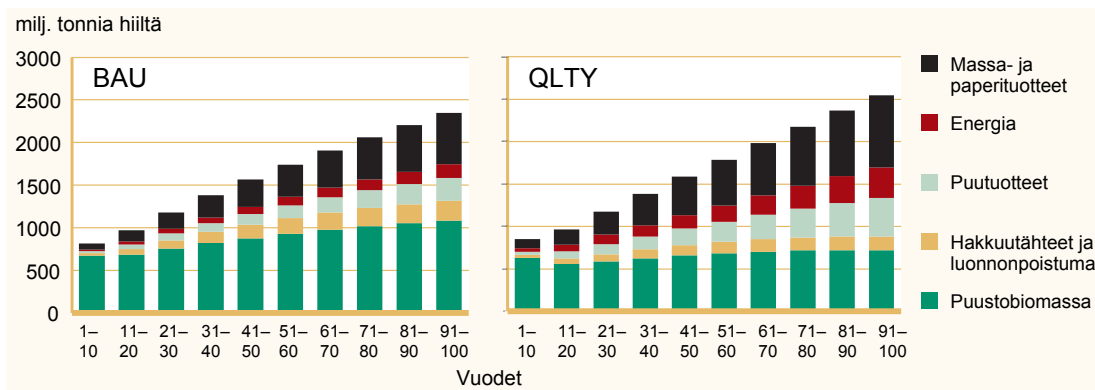
Skenaariotyön tuloksia tarkastellessa on hyvä pitää mielessä analyysin erityispiirteet. Tutkimuksessa tehdyt skenaariot eivät pyri olemaan ennusteita siitä, millaiseksi maailma todennäköisesti kehittyä. Sen sijaan ne hahmottelevat erilaisista lähtökohdista johdettuja erilaisia tulevaisuudenkuvia. Parhaimmillaan skenaariot voivat osoittaa asioiden mittasuhteet ja kriittiset ajurit, joiden merkitys kehityksen ohjaajina on ratkaiseva.

Tehostetun metsänkasvatuksen skenaarion tavoitteena oli osoittaa metsävarojen potentiaali, eli toteutettavissa oleva puuntuotannon yläraja kuitenkin tiedostaen, ettei sen toteutuminen sellaisenaan ole meidän toiminta-ympäristössämme realistista.

Mallipohjaiset laskelmat ovat aina yksinkertaistettuja kuvauksia kohteena olevasta ilmiöstä. Tässä tutkimuksessa ehkä merkittävin yksinkertaistus liittyy oletukseen metsävarojen kehityksen säännönmukaisuudesta, jonka mukaan merkittäviä ja laajamittaisia metsätuhoja ei tapahdu missään käsittelyskenaariossa. Oletus on todennäköisesti optimistinen etenkin



**Kuva 5.** Puuntuotannon, -korjuun ja -kuljetuksen suorat työllisyysvaikutukset henkilötyövuosina eri skenaarioissa.



**Kuva 6.** Metsien ilmacehstä sitoma kumulatiivinen hiilen määrä v. 2011–2110.

kokonaan tai pitkään käsittelemättöminä kehittyvissä metsissä. Tällaisia metsiä sisältyy runsaasti BAU-skenaarioon, jossa hakkuusäästöjen seurauksena puuston määrä laskelmien mukaan kasvaa huomattavasti. On ilmeistä, että BAU-skenaarion arvio elävän puuston määrän ja siihen sitoutuneen hiilen osalta on yliarvio.

Laskelmat osoittivat kotimaisten metsävarojen merkittävän käyttömahdollisuuden, mikä on todettu muutamissa aikaisemmissakin tutkimuksissa. Ne osoittivat myös sen, että nykyinen metsänhoidon ja hyödyntämisen taso on melko kaukana ”tehometsätaloudesta”. Puunkäytön suhteen Suomella näyttäisi olevan hyvät edellytykset joko lisätä raaka-aineen tuotantoa, tai yhtä lailla mahdollista olisi tuottaa nyky määrää raaka-ainetta nykyistä pienemmällä pinta-alalla. Se puolestaan antaisi hyvät edellytykset metsien eri käyttömuotojen yhteensovittamiselle. Myös ilmastovaikutusten näkökulmasta on olemassa erilaisia vaihtoehtoja metsien hyödyntämiseen. Korkealaatuisen raakapuun tuotanto lisää pitkäkestoisiin puutuotteisiin sitoutuvan hiilen määrää, bioenergialla voidaan korvata fossiilisia polttoaineita, mutta toisaalta käsittelemättömät metsät sitovat paljon hiiltä.

Tehty tarkastelu antaa taustatietoa metsäpolitiiseen keskusteluun ja päätöksentekoon harkittaessa tulevaisuuden strategioita metsävarojen hyödyntämiseen. Vaikka maamme sadattuhannet metsänomistajat viime kädessä tekevätkin päätökset metsiensä käsittelystä, voidaan poliittisilla ohjaukeinoilla suunnata toimintaa yhteiskunnan kannalta toivottavaan suuntaan.

### Lisää aiheesta

EffFibre – Arvoa intensiivisestä ja tehokkaasta kuidun tuotannosta. <http://fibic.fi/fi/ohjelmat/efffibre>

■ Jari Hynynen, Saija Huuskonen & Arto Rummukainen, Metla, Vantaa; Hannu Salminen, Metla, Rovaniemi; Anssi Ahtikoski, Metla, Oulu  
[jari.hynynen@metla.fi](mailto:jari.hynynen@metla.fi)